

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-087507

(43)Date of publication of application : 06.04.1993

(51)Int.Cl.

G01B 7/00

G01B 21/20

(21)Application number : 03-251652

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 30.09.1991

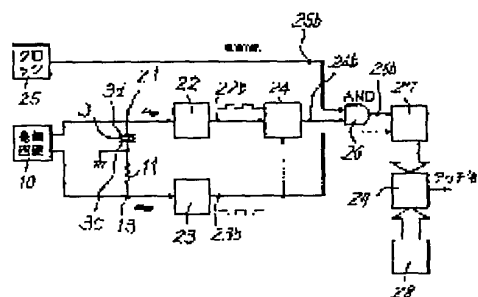
(72)Inventor : FUJITA YOSHIYUKI
OYA KIYOSHI
TSUBURAYA NORIO

(54) TOUCH PROBE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a touch probe which does not have any directionality in measurement force, is in simple configuration, and can detect contact sensitively.

CONSTITUTION: When a feeler which is in ultrasonic vibration in resonance state by a piezoelectric element 3 contacts an object to be measured, the resonance state is disturbed and a phase difference between a current and a voltage between electrodes 3c and 3d of the piezoelectric element 3 changes. AND operation of a pulse with a phase difference when the feeler contacts an object to be contacted as a pulse width and an output of a clock oscillator 25 is performed by an AND circuit 26. A value which is obtained by counting an output of the AND circuit using a counter 27 is compared with a setting value which is set by a latch 28 and then a touch signal is output from a comparator 29 when a measurement value exceeds the setting value.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.02.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2884846

[Date of registration] 12.02.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成5年(1993)4月6日

技術表示箇所

101 P 7617-2F

神奈川県横浜市栄区長尾台町471番地 株
式会社ニコン横浜製作所内

【特許請求の範囲】

【請求項１】 被測定物に接触させるためのフィーラーと、
前記フィーラーを保持する保持部材と、
前記フィーラーを超音波振動させるために前記保持部材に装着した圧電素子と、
前記圧電素子の電極間に高周波電気信号を入力して、前記フィーラーと前記保持部材とを共振状態で超音波振動させる発振手段と、
前記電極間に流れる電流と前記電極間の電圧との位相差を測定する位相差測定手段と、
前記フィーラーの共振状態において基準となる位相差を設定値として保持する記憶手段と、
前記位相差測定手段で測定された位相差と前記記憶手段に保持された設定値とを比較し、不一致の場合にはタッチ信号を出力する位相差比較手段と、を有することを特徴とするタッチプローブ。

【請求項２】 前記設定値は前記発振手段の出力する高周波電気信号の周波数を変化させたときに得られる位相差の極小値であることを特徴とする請求項１記載のタッチプローブ。

【請求項３】 前記設定値は前記発振手段の出力する高周波電気信号の周波数を変化させたときに得られる位相差の極小値より若干大きい値であることを特徴とする請求項１記載のタッチプローブ。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】 本発明は接触検知用のプローブすなわちタッチプローブに関し、特に三次元測定機に用いるに好適のものである。

【０００２】

【従来技術】 三次元測定機においては基台上に置かれた被測定物にプローブを接触させ、接触点を三次元的に検知することによって複雑な形状をした被測定物の立体測定を行っている。このとき接触点の検知に誤差があると形状測定の誤差となる。この種の測定機で用いられるタッチプローブは、フィーラーを保持する基台に設けた三本のピンを、三組のＶ字型支承部に弾圧し、これらのピンと支承部とでは電気接点を形成して閉回路を構成し、フィーラーが被測定物に接触して偏位すると、この接点が開いてタッチ信号を出力する構造であった。

【０００３】

【発明が解決しようとする課題】 上記の如き従来技術においては、フィーラーを保持する基台の三本のピンはバネによってＶ字型支承部に弾圧されているため、接点を開くにはバネに抗してピンを持ち上げなければならず、測定力を小さくすることが難しいという問題点があった。

【０００４】 また、接点が三箇所であるため測定力に方向性があり、補正困難な誤差を生じる問題もあった。本

発明はこの様な従来問題点に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、測定力に方向性がなく、かつ簡単な構成で敏感に接触を検出できるタッチプローブを提供することにある。

【０００５】

【課題を解決するための手段】 上記課題の解決の為に本発明のタッチプローブは、被測定物に接触させるためのフィーラー１ｃと、前記フィーラー１ｃを保持する保持部材１ａ、１ｄと、前記フィーラー１ｃを超音波振動させるために前記保持部材１ａ、１ｄに装着した圧電素子３ａ、３ｂ、３と、前記圧電素子３ａ、３ｂ、３の電極３ｃと３ｄとの間に高周波電気信号を印加して前記フィーラー１ｃと前記保持部材１ａ、１ｄとを共振状態で超音波振動させる発振手段１０、５０と、前記電極３ｃ、３ｄ間に流れる電流と前記電極３ｃ、３ｄ間の電圧との位相差を測定する位相差測定手段２２、２３、２４、２５、２６、２７と、前記フィーラー１ｃの共振状態において基準となる位相差を設定値として保持する記憶手段２８と、前記位相差測定手段２２、２３、２４、２５、２６、２７で測定された位相差と前記記憶手段２８に保持された設定値とを比較し、不一致の場合にはタッチ信号を出力する位相差比較手段２９、３４と、を有する。

【０００６】

【作用】 本発明においては、共振状態で超音波振動しているフィーラーが被測定物に接触すると、共振状態が乱れ、圧電素子の電極間に流れる電流と電極間の電圧との位相差に変化が生じる。この変化の検出は、フィーラーが被測定物に接触する前の共振状態での位相差を設定値として設定しておき、接触したときの位相差を設定値と比較して行う。この比較は位相差をパルスでカウントして行うので、フィーラー先端の接触を非常に敏感に、かつ正確に検出できる。また、フィーラーの先端が被測定物にどの方向から接触しても、振動は妨げられ位相差に変化が生じるので、測定力に方向性を生じない。

【０００７】

【実施例】 以下図面に基づいて、本発明の実施例を詳細に説明する。図１は本発明における一実施例の機械構造部分を示す斜視図で、図４は図１の縦断面図である。保持部材１ａと、保持部材１ａの下端面に接続されたフランジ１ｂと、フランジ１ｂの下端面に接続されたフィーラー１ｃと、保持部材１ａの上端面に配設された圧電素子３ａ、３ｂ及び電極３ｃ、３ｄ、３ｅと、圧電素子３ａ、３ｂ及び電極３ｃ、３ｄ、３ｅを保持部材１ａの上端面との間に固定する保持部材１ｄ及び保持部材１ｄを保持部材１ａに固定するねじ１ｅと、から振動ホーン１を形成する。フランジ１ｂは支持部材２にねじで固定され、支持部材２は図示されないプローブ本体またはプローブヘッドに支持される。圧電素子３ａ、３ｂは積層型のもので、圧電素子３ａが電極３ｃ、３ｄの間に挟まれ、圧電素子３ｂが電極３ｃ、３ｅの間に挟まれている。

る。図5に明瞭に示すように、共通電極3cと電極3dとの間には高周波電源50が接続されて、電極3dと電極3eは短絡されている。圧電素子は図5のように分極しており、その結果、振動ホーン1は軸方向に超音波振動する。このとき、高周波電源50が電極3c、3d間及び電極3c、3e間に印加する周波数は振動ホーン1の機械的共振周波数にほぼ等しい周波数である。また、振動ホーン1の形状は、フィーラー1cの外径に比べて保持部材1a、1d、圧電素子3a、3b及び電極3c、3d、3eの外径は大きくなっており、振動ホーン1を構成している物質中の縦波の音速をC、振動ホーン1の機械的共振周波数をf、 $n=0, 1, 2, 3, \dots$ 、 $m=0, 1, 2, 3, \dots$ とすると、図6(a)に示したように大径部分の長さLと、小径部分の長さlは、

$$L = C(1 + 2n) / 4f, \quad l = C(1 + 2m) / 4f$$

で決定される。

【0008】例えば振動ホーン1の材質を鉄鋼材とすると、鉄鋼材を伝わる縦波の音速は $C=5200\text{m/s}$ であり、 $n=0, m=1, f=100\text{kHz}$ とすると、 $L=13\text{mm}, l=39\text{mm}$ となる。図6(b)はこのときの振動ホーン1の振動モードの状態を示したもので、振動の振幅がほぼ0である部分にフランジ1bが位置するように大径部分の長さLと小径部分の長さlを決定し、この位置に設けたフランジ1bで振動ホーン1を支持部材2に固定する。この様にして振動ホーン1の固定が振動に与える影響を極力少なくする。この振動状態では、振動ホーン1のフィーラー1cの先端の振幅が最大であるため、この部分が接触すると振動が著しく妨げられる。振動が妨げられると振動ホーン1全体の共振周波数が微少に変化する。その結果、電極3c、3d間に流れる電流と電極3c、3d間の電圧との位相差に変化が生じる。すなわち、圧電素子3a、3bを用いた振動系の等価回路は図2のように、コイル L_m 、コンデンサ C_m 、抵抗 R_m が直列に接続したものにコンデンサ C_d が並列につながった形で表すことができる。共振点では L_m と C_m は直列共振しキャンセルされて図3のような回路になり、振動素子のインピーダンスはZは、

$$1/Z = j\omega C_d + 1/R_m$$

と表すことができる。ここで ω は振動の角速度である。

【0009】 R_m は振動の妨げ等の機械的な負荷が増大すると大きくなるという性質を持つ。圧電素子3a、3bの電極3c、3d間に印加する電圧をEとすると、圧電素子3a、3bの電極3c、3d間に流れる電流は、 $i = E(j\omega C_d + 1/R_m)$

となる。これは、電流iと電圧Eとの間に $\theta = \tan^{-1}(\omega C_d R_m)$ の位相差があることを表している。ここで抵抗 R_m が増大すると位相差 θ も増大する。つまり、フィーラー1cが被測定物に接触すると、圧電素子3

a、3bの電極3c、3d間に流れる電流と電極3c、3d間の電圧との位相差に変化が生じる。

【0010】図7は本発明の実施例のブロック図である。ここでは、位相差測定回路は、簡単のため単層の圧電素子3を用いた例で説明するが位相差測定に関しては、圧電素子を積層にした場合でも全く同じである。位相差測定回路は、圧電素子3の電極3d側の接続点21の電圧と抵抗11側の接続点13の電圧との位相差を監視する。機械的共振周波数で振動ホーン1を超音波振動させているとき、振動を妨げる力が働くと、圧電素子3に流れる電流と圧電素子3間の電圧との位相差が変化する。この変化は非常に敏感で、わずかな外力にも反応する。さて、接続点21及び接続点13の出力波形は正弦波形状なので、波形整形回路22及び23で方形波に変換し、それぞれをフリップフロップ24のクロックとクリアーに入力する。すると、フリップフロップ24の出力端子24bに現れる出力102(後述の図9参照)は圧電素子3に流れる電流と圧電素子3間の電圧との位相差をパルス幅としたパルスになる。フリップフロップ24の出力とクロック発振器25の出力とがAND回路26に入力される。AND回路26は、フリップフロップ24の出力102とクロック発振器25の出力103(後述の図9参照)とのANDをとり、アップカウンタ27に出力する。このカウンタ27は、AND回路26の出力パルスをカウントすると共に、リセット端子が波形整形回路23に接続されており、電流出力のパルスの立ち上がりでリセットされる。カウントされた値は、デジタルコンパレータ29によって、ラッチ回路28に記憶された設定値と比較され、設定値を越えたときデジタルコンパレータ29よりタッチ信号が出力される。

【0011】図8は別の実施例のブロック図である。図7に示した位相差測定回路のアップカウンタ27でのカウント値をD/Aコンバータ32によりアナログ変換した値と、ラッチ回路28に記憶されている設定値をD/Aコンバータ33によりアナログ変換した値とをアナログコンパレータ34で比較し、設定値を越えたときアナログコンパレータ34よりタッチ信号が出力される。なお、図8において図7と同機能の部材には同一符号を付して説明を省略する。

【0012】図9は、図7及び図8の各点の波形を示し、一部前述してあるが、信号100は図7及び図8の点22bにおけるもの、信号101は図7及び図8の点23bにおけるもの、信号102は図7及び図8の点24bにおけるもの、信号103は図7及び図8の点25bにおけるもの、信号104は図7及び図8の点26bにおけるものである。

【0013】さて、図7及び図8の回路においては、共振状態の位相差は非共振状態の位相差に比べて小さく、共振点で位相差は極小値となる。従って、圧電素子に入力する周波数を変化させ、位相差が極小値となった点が

る。図5に明瞭に示すように、共通電極3cと電極3dとの間には高周波電源50が接続されて、電極3dと電極3eは短絡されている。圧電素子は図5のように分極しており、その結果、振動ホーン1は軸方向に超音波振動する。このとき、高周波電源50が電極3c、3d間及び電極3c、3e間に印加する周波数は振動ホーン1の機械的共振周波数にほぼ等しい周波数である。また、振動ホーン1の形状は、フィーラー1cの外径に比べて保持部材1a、1d、圧電素子3a、3b及び電極3c、3d、3eの外径は大きくなっており、振動ホーン1を構成している物質中の縦波の音速をC、振動ホーン1の機械的共振周波数をf、 $n=0, 1, 2, 3, \dots$ 、 $m=0, 1, 2, 3, \dots$ とすると、図6(a)に示したように大径部分の長さLと、小径部分の長さlは、

$$L = C(1 + 2n) / 4f, \quad l = C(1 + 2m) / 4f$$

で決定される。

【0008】例えば振動ホーン1の材質を鉄鋼材とすると、鉄鋼材を伝わる縦波の音速は $C=5200\text{m/s}$ であり、 $n=0, m=1, f=100\text{kHz}$ とすると、 $L=13\text{mm}$ 、 $l=39\text{mm}$ となる。図6(b)はこのときの振動ホーン1の振動モードの状態を示したもので、振動の振幅がほぼ0である部分にフランジ1bが位置するように大径部分の長さLと小径部分の長さlを決定し、この位置に設けたフランジ1bで振動ホーン1を支持部材2に固定する。この様にして振動ホーン1の固定が振動に与える影響を極力少なくする。この振動状態では、振動ホーン1のフィーラー1cの先端の振幅が最大であるため、この部分が接触すると振動が著しく妨げられる。振動が妨げられると振動ホーン1全体の共振周波数が微少に変化する。その結果、電極3c、3d間に流れる電流と電極3c、3d間の電圧との位相差に変化が生じる。すなわち、圧電素子3a、3bを用いた振動系の等価回路は図2のように、コイル L_m 、コンデンサ C_m 、抵抗 R_m が直列に接続したものにコンデンサ C_d が並列につながった形で表すことができる。共振点では L_m と C_m は直列共振しキャンセルされて図3のような回路になり、振動素子のインピーダンスはZは、

$$1/Z = j\omega C_d + 1/R_m$$

と表すことができる。ここで ω は振動の角速度である。

【0009】 R_m は振動の妨げ等の機械的な負荷が増大すると大きくなるという性質を持つ。圧電素子3a、3bの電極3c、3d間に印加する電圧をEとすると、圧電素子3a、3bの電極3c、3d間に流れる電流は、 $i = E(j\omega C_d + 1/R_m)$

となる。これは、電流iと電圧Eとの間に $\theta = \tan^{-1}(\omega C_d R_m)$ の位相差があることを表している。ここで抵抗 R_m が増大すると位相差 θ も増大する。つまり、フィーラー1cが被測定物に接触すると、圧電素子3

a、3bの電極3c、3d間に流れる電流と電極3c、3d間の電圧との位相差に変化が生じる。

【0010】図7は本発明の実施例のブロック図である。ここでは、位相差測定回路は、簡単のため単層の圧電素子3を用いた例で説明するが位相差測定に関しては、圧電素子を積層にした場合でも全く同じである。位相差測定回路は、圧電素子3の電極3d側の接続点21の電圧と抵抗11側の接続点13の電圧との位相差を監視する。機械的共振周波数で振動ホーン1を超音波振動させているとき、振動を妨げる力が働くと、圧電素子3に流れる電流と圧電素子3間の電圧との位相差が変化する。この変化は非常に敏感で、わずかな外力にも反応する。さて、接続点21及び接続点13の出力波形は正弦波形状なので、波形整形回路22及び23で方形波に変換し、それぞれをフリップフロップ24のクロックとクリアーに入力する。すると、フリップフロップ24の出力端子24bに現れる出力102(後述の図9参照)は圧電素子3に流れる電流と圧電素子3間の電圧との位相差をパルス幅としたパルスになる。フリップフロップ24の出力とクロック発振器25の出力とがAND回路26に入力される。AND回路26は、フリップフロップ24の出力102とクロック発振器25の出力103(後述の図9参照)とのANDをとり、アップカウンタ27に出力する。このカウンタ27は、AND回路26の出力パルスをカウントすると共に、リセット端子が波形整形回路23に接続されており、電流出力のパルスの立ち上がりでリセットされる。カウントされた値は、デジタルコンパレータ29によって、ラッチ回路28に記憶された設定値と比較され、設定値を越えたときデジタルコンパレータ29よりタッチ信号が出力される。

【0011】図8は別の実施例のブロック図である。図7に示した位相差測定回路のアップカウンタ27でのカウント値をD/Aコンバータ32によりアナログ変換した値と、ラッチ回路28に記憶されている設定値をD/Aコンバータ33によりアナログ変換した値とをアナログコンパレータ34で比較し、設定値を越えたときアナログコンパレータ34よりタッチ信号が出力される。なお、図8において図7と同機能の部材には同一符号を付して説明を省略する。

【0012】図9は、図7及び図8の各点の波形を示し、一部前述してあるが、信号100は図7及び図8の点22bにおけるもの、信号101は図7及び図8の点23bにおけるもの、信号102は図7及び図8の点24bにおけるもの、信号103は図7及び図8の点25bにおけるもの、信号104は図7及び図8の点26bにおけるものである。

【0013】さて、図7及び図8の回路においては、共振状態の位相差は非共振状態の位相差に比べて小さく、共振点で位相差は極小値となる。従って、圧電素子に入力する周波数を変化させ、位相差が極小値となった点が

ント値より若干大きい値をラッチ28への設定値とする。それは、回路の応答遅れ等により誤カウントが生じても、タッチ信号が出力されないようにするためである。

【0014】なお、この回路では、非共振状態での位相差は約270度、共振状態では180度前後である。

【0015】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、圧電素子を用いてフィーラーを機械的共振周波数で超音波振動させながら被測定物に接触させ、そのときの振動状態の変化により生じる位相差の変化を検出して、フィーラーが接触したことを検知するようにしたものであるから、非常に高感度で、かつ測定力に方向性がないタッチプローブが得られる。また、位相差の測定値と設定値とを比較して位相差の変化の検出を行うので、構成が簡単であるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による実施例の機械構造部分の斜視図である。

【図2】圧電素子の等価回路図である。

【図3】共振時の圧電素子の等価回路図である。

【図4】図1の縦断面図である。

【図5】圧電素子の説明図である。

【図6】振動ホーンの振幅モードを表した図である。

【図7】図1の圧電素子に接続される、本発明の実施例の位相差測定回路を示すブロック図である。

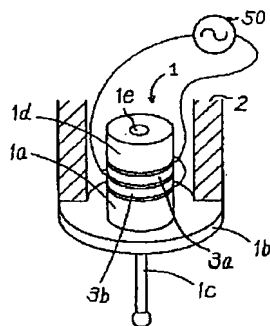
【図8】図1の圧電素子に接続される、本発明の別の実施例の位相差測定回路を示すブロック図である。

【図9】図7及び図8の各点における信号波形の説明図

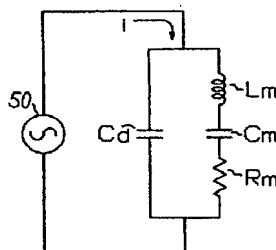
【符号の説明】

- 1 振動ホーン
- 1a 保持部材
- 1b フランジ
- 1c フィーラー
- 1d 保持部材
- 1e ねじ
- 2 支持部材
- 3 圧電素子
- 3a 圧電素子
- 3b 圧電素子
- 3c 電極
- 3d 電極
- 3e 電極
- 10 発振回路
- 11 抵抗
- 22 波形整形回路
- 23 波形整形回路
- 24 フリップフロップ
- 25 クロックゼネレータ
- 26 AND回路
- 27 アップカウンタ
- 28 ラッチ回路
- 29 デジタルコンパレータ
- 32 D/Aコンバータ
- 33 D/Aコンバータ
- 34 アナログコンパレータ
- 50 高周波電源

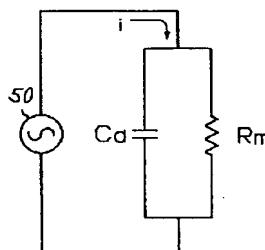
【図1】



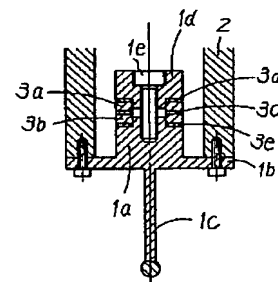
【図2】



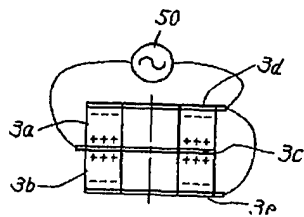
【図3】



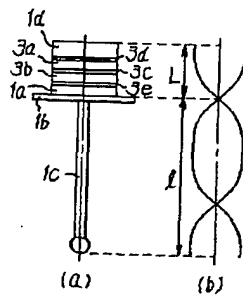
【図4】



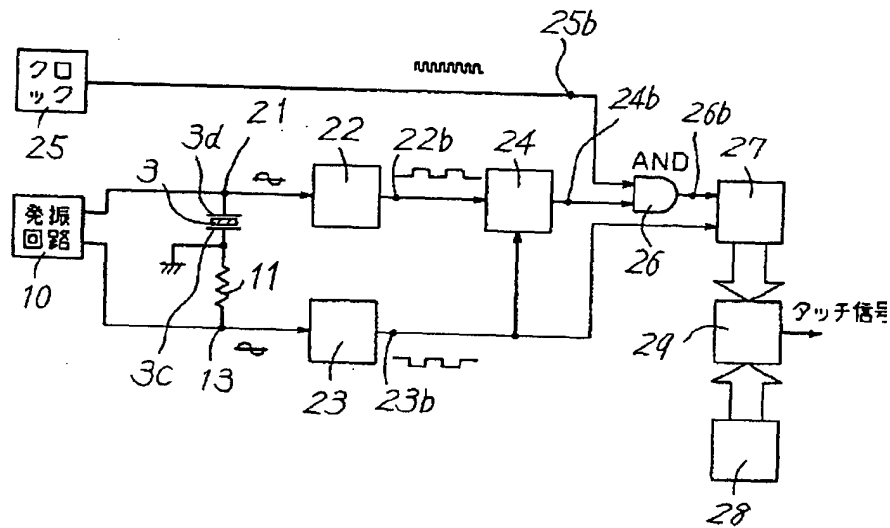
【図5】



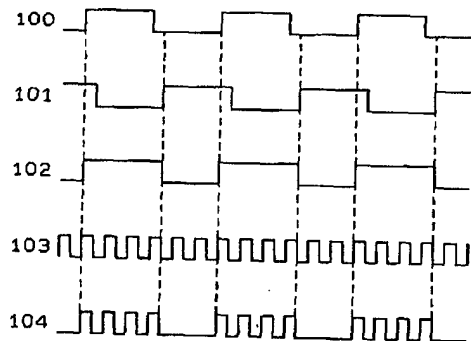
【図6】



【図7】



【図9】



【図8】

